

V-34

付着のない角形鋼管内での三軸圧縮コンクリートの強度とひずみに関する研究

ドーピー建設工業(株) 正 員 大平 雅司

1. はじめに

鋼管内に打込まれたコンクリートと鋼管との付着をなくし、コンクリートだけに軸方向圧縮力を载荷させた時、鋼管は、コンクリートのポアソン比の分の変形だけを拘束し、コンクリートは、三軸圧縮状態となる。円形鋼管コンクリートでは、この様な三軸圧縮の研究は、すでに行われている。本研究では、角形鋼管コンクリートに軸方向圧縮力を载荷させた場合について、次の二点に着目し、鋼管の肉厚を変えて比較検討を行うことを目的とする。

- 1) 拘束されたコンクリートの強度とひずみ。
- 2) 軸力の増加に伴う鋼管の拘束効果。

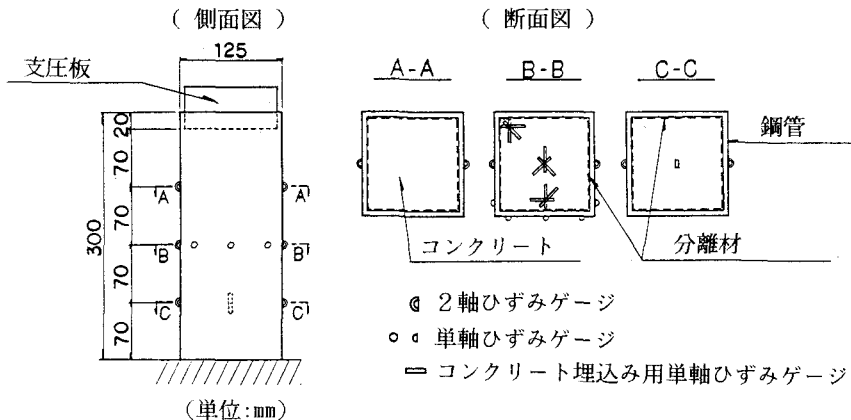


図-1 供試体

2. 実験概要

実験に用いた供試体(鋼管の肉厚によって、K1、K2およびK3の記号で表す)の形状(正方形断面)、ゲージの配置位置と種類およびゲージの個数を、図-1に示す。また、使用した材料および材料の特性値は、表-1に示す通りである。その他、支圧板とコンクリートおよび鋼管とコンクリートを付着させないための分離材として、二硫化モリブデン入りのグリースを鋼管内面に塗布した。また、荷重の载荷は、支圧板を介して軸方向にコンクリートだけに载荷させた。荷重は、5 tonf ずつ増加させて、鋼管が破壊するまで载荷を行った。

コンクリートのひずみの測定には、コンクリート埋込み用単軸ひずみゲージを用いた。配置位置は、軸方向ひずみを測定するためには、コンクリートの1/4の高さ位置に1個、軸直角方向ひずみを測定するためには、コンクリートの1/2の高さ位置に9個それぞれ配置した。鋼管のひずみの測定には、単軸と二軸のひずみゲージを鋼管外面に貼り付けて、軸方向および軸直角方向の測定を行った。変位の測定には、ダイヤルゲージを用いた。

表－1 供試体の材料および材料の特性値

供試体 記号	鋼管肉厚 (mm)	鋼管長 (mm)	コンクリートの 強度(kgf/cm ²)	コンクリートの弾 性係数(kgf/cm ²)	鋼管の弾性係 数(kgf/cm ²)	鋼管の降伏点応 力度(kgf/cm ²)
K 1	3.09	300	425	2.76×10^5	2.05×10^6	3700
K 2	4.38	300	425	2.76×10^5	2.06×10^6	3900
K 3	5.75	300	425	2.76×10^5	1.99×10^6	3400

3. 理論値

本実験に用いた供試体は、コンクリートのみに軸方向力が加えられ、さらに鋼管によって拘束されている。この様な拘束コンクリートは、強度とひずみの増加が見込まれる。そのため、コンファインドコンクリートの応力－ひずみ曲線に関して、種々の提案があるが、ここでは、CEB－FIP MODEL CODE 1990 の式(1)～(4)を適用することにより強度とひずみを求め、図－2、図－3および図－4の一点鎖線に示す様に、二次放物線と直線とから成る応力－ひずみ曲線を仮定した。^{1) 2)}

$$f_{ck,cf} = f_{ck}(1.000 + 5.00 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{for } \sigma_2 \leq 0.05 f_{ck} \quad \dots\dots (1)$$

$$f_{ck,cf} = f_{ck}(1.125 + 2.50 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{for } \sigma_2 > 0.05 f_{ck} \quad \dots\dots (2)$$

$$\epsilon_{cc,cf} = 2.0 \cdot 10^{-3} (f_{ck,cf} / f_{ck})^2 \quad \dots\dots (3)$$

$$\epsilon_{cu,cf} = 3.5 \cdot 10^{-3} + 0.2 \sigma_2 / f_{ck} \quad \dots\dots (4)$$

但し、

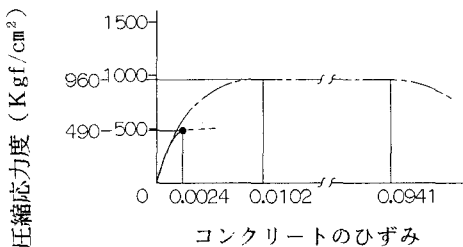
$f_{ck,cf}$ ＝拘束コンクリートの強度

f_{ck} ＝シリンダー強度（表－1に示す425kgf/cm²を使用）

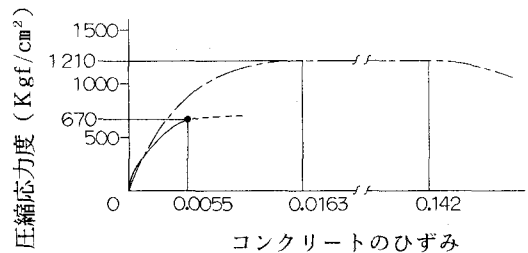
$\epsilon_{cc,cf}$ ＝拘束コンクリートの最大圧縮応力度に対するひずみ

$\epsilon_{cu,cf}$ ＝拘束コンクリートの終局ひずみ、 σ_2 ＝拘束による側圧、 $\sigma_2 / f_{ck} = 0.5 \alpha \omega_{wd}$

α ＝スターラップ等による拘束効果、 ω_{wd} ＝拘束鉄筋の体積比



図－2 コンクリートの応力－ひずみ曲線
(K 1について)



図－3 コンクリートの応力－ひずみ曲線
(K 2について)

これらの式によると、コンクリートの圧縮強度は、最初 425 kgf/cm² であったが、コンクリートだけに載荷された軸方向力と鋼管による拘束効果で、見かけの圧縮強度が K 1 で 960 kgf/cm²、K 2 で 1210 kgf/cm²、K 3 で 1340 kgf/cm² まで上昇した。また、最大圧縮応力度に対するひずみは、

0.002からK1では0.0102、
 K2では0.0163、K3では0.0199となった。さらに、終局ひずみについても、0.0035からK1では0.0941、K2では0.142、K3では0.166と増加が著しい。

4. 実験結果

実測値から得られたコンクリートの軸方向圧縮応力度とひずみの値は、図-2、図-3および図-4の実線と点

線で示す。これらの図で、曲線上の●印位置は、コンクリートの軸方向最大圧縮応力度を示していると考えられる。いずれの場合でもコンクリートの軸圧縮応力度が400kgf/cm² 付近までは、理論値から得られた曲線と近似しているが、その値を越えると理論値よりも急激にひずみが増大している。このことは、CEB FIP の式(1)～(4)を適用する場合には、鉄筋コンクリート柱部材等のように補助帯鉄筋の配置を前提とし、本供試体のような補助帯鉄筋に類する鋼材を配置していない部材については、拘束効果が低下すると言える。

鋼管の軸直角方向におけるひずみと、コンクリートの軸圧縮応力度との関係は、図-5、図-6および図-7に示す。コンクリートの圧縮強度は、425kgf/cm² であるが、これらの図に示す様に鋼管隅角部についてみると、軸圧縮応力度が、K1では500kgf/cm²、K2では700kgf/cm²、K3では900kgf/cm² 以上にまで上昇し、鋼管による拘束の効果が明確に現れている。一般に、コンクリートの拘束に角

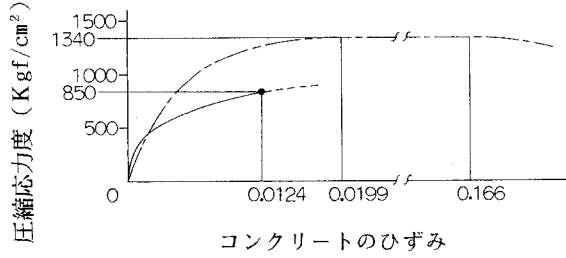


図-4 コンクリートの応力-ひずみ曲線
 (K3について)

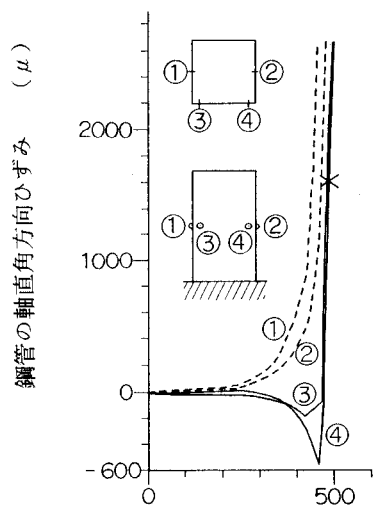


図-5 鋼管の軸直角方向ひずみ
 (K1について)

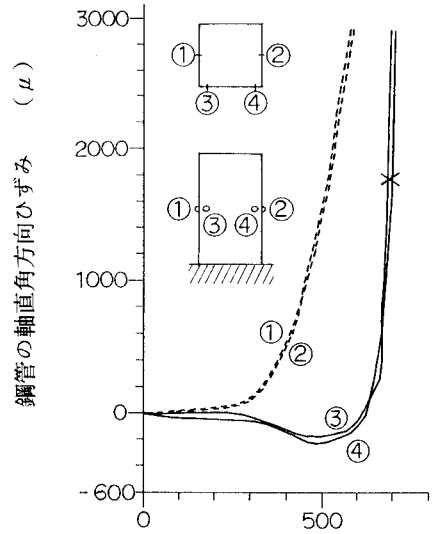


図-6 鋼管の軸直角方向ひずみ
 (K2について)

形鋼管を用いると、円形鋼管を用いた場合よりも水平断面内で横拘束力が一様に加わらない。本実験では、コンクリートの軸圧縮応力度が、K1について450 kgf/cm²、K2について500 kgf/cm²、K3について700 kgf/cm² 付近の高応力度では、辺と隅角部で、拘束効果が一樣でないことが特徴として現れている。また、鋼管の降伏は、コンクリートの膨張に対して、最初は、曲げによって抵抗する各辺の中央部に生じ、続いて、隅角部に力が集中し、最終的には、それらの位置に塑性ヒンジが形成されたことがわかる。

尚、図-5、図-6および図-7の実験値のグラフで、曲線上の×印位置は、鋼管隅角部が塑性ヒンジとなった点であり、その時のコンクリートに荷重される軸圧縮応力度は、K1で490 kgf/cm²、K2で670 kgf/cm²、K3で850 kgf/cm² 程である。この軸圧縮

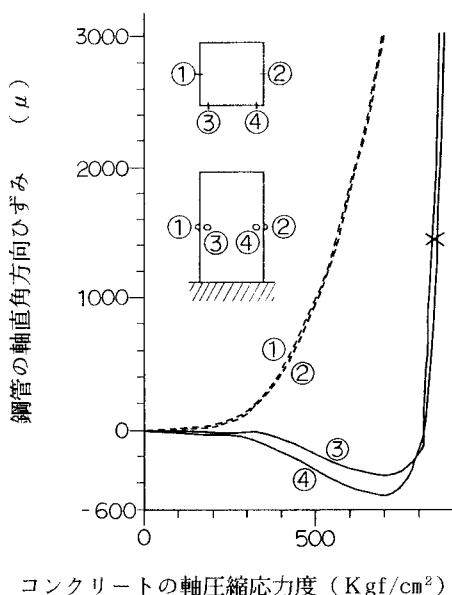
応力度に対するコンクリートの軸方向ひずみは、図-1で示したコンクリート埋込み用単軸ひずみゲージを用いた測定により、K1では0.0024、K2では0.0055、K3では0.0124であった。また、図-2、図-3および図-4の●印位置で示したコンクリートの軸方向最大圧縮応力度とひずみの値は、鋼管隅角部が降伏した時のコンクリートの軸圧縮応力度とひずみの値にそれぞれ一致している。

5. まとめ

- 1) 角形鋼管を用いた場合、補助帯鉄筋に類する鋼材を配置しなければ、コンクリートの軸方向最大圧縮応力度とひずみの値は、CEB-FIPの拘束コンクリートに関する強度とひずみの増加式より得られた値に比べて小さく、拘束効果が低下する。
- 2) 角形鋼管を用いてもコンクリートに対して十分な拘束があるが、水平断面内では、コンクリートに横拘束が一樣に加わらない。
- 3) 軸圧縮応力度の増加と共に、各辺と隅角部では、鋼管による拘束効果に変動する。
- 4) 角形鋼管の各辺の中央部と隅角部で、最終的には、それらの位置に塑性ヒンジが形成される。
- 5) コンクリートの軸方向最大圧縮応力度とひずみの値は、鋼管隅角部が降伏した時に得られる。

6. 参考文献

- 1) CEB : CEB-FIP Model Code 1990, Bulletin D' Information No. 189, No. 190a, No. 190b Comite Euro-International du Beton, 1988.
- 2) CEB : Concrete Under Multiaxial States of Stress Constitutive Equations for Practical Design Bulletin D' Information No. 156, Comite Euro-International du Beton, 149pp., 1983. Bulletin D' Information No. 156, Comite Euro-International du Beton, 149pp., 1983.



コンクリートの軸圧縮応力度 (Kgf/cm²)
図-7 鋼管の軸直角方向ひずみ
(K3について)